

# EGY FEJEZET AZ ÓKOR TECHNIKÁJÁBÓL

(Ktészibiosz, Philón, Hérón)

A hazai szakirodalomban eddig a címben jelzett három tudósról, s főleg munkásságukról nagyobb tanulmány nem jelent meg. Az átfogó tudomány- és technikatörténeti kézikönyvekben található ugyan róluk rövid összefoglaló<sup>1</sup>, de mindezek tudományos rendszerezésére a szerzők a kötetek szabott terjedelménél fogva nem vállalkozhattak. A témakört részleteiben is tárgyaló külföldi monográfiák közt úttörő jelentőséggel bírt Woodcroft fordítása<sup>2</sup>, aki angol nyelven adta közre Hérón Pneumatikáját 1851-ben s az némrégiben (1971) újra megjelent. Sok részletkérdést tisztázott a Pauli—Wissowa kézikönyvsorozat több, e témakörrel foglalkozó címszáva, s Dielsnek,<sup>3</sup> Schmidtnek<sup>4</sup> s másoknak a századelőn megjelent kritikai jegyzetekkel kísért szövegkiadása. Sarton természetesen felvette bibliográfiájába mindezeket a forrásokat, akárcsak Singer technikatörténete, de az egész problémakört új alapra csak Drachmann<sup>5</sup> helyezte, aki nagyszámú, főként a Centaurusban megjelent tanulmányával s összefoglaló műveivel korunk legelismertebb Ktészibiosz—Philón—Hérón szakértője lett.

Az alábbiakban főként az említett források és tanulmányok ismeretében tekintjük át az ókori technika e korszakát, különös tekintettel a pneumatikus szerkezetekre. Ezek közül is inkább azokat mutatjuk be, amelyekről elképzelhető, hogy működtek, illetve működnének ma is.

## A hellenizmus fizikája

A Nagy Sándor hódításai nyomán létrejött hellenisztikus birodalmak lehetőséget nyújtottak az addig szétszórt területeken folytatott elméleti és gyakorlati kutatások egységesítésére. Ehhez nagy segítséget nyújtott a kor legfőbb tudományos központja, az alexandriai Muszeion. A könyvtárral és kutatóműhelyekkel ellátott tudományos centrum, bár rövid ideig „virágzott” (könyvtára ugyan i. sz. 640-ig fennmaradt), sok jeles tudósnek és technikusnak nyújtott lehetőséget tudományos munkára. A Muszeiont az I. és II. Ptolemaiosz idejében hozták létre, s szervezésében fontos szerepet vállalt Démétriosz Phaleron. Az intézmény jelesebb tagjai a következők voltak: Zénodotosz, Kallimakhosz, Apollóniosz, Eratoszthenész, Arisztarkhosz, Euklidész. A három bemutatandó

\* BME Tudománytörténeti Kutatócsoport, 1521 Budapest

tudós munkássága is valamilyen módon kapcsolódott ehhez az intézményhez. A Muszeion hírét e tudósok életművén kívül maga a múzeum szó is megőrizte.

A hellenisztikus centralizálás pozitívuma volt egyrészt, hogy a korábban Egyiptomban, Elő-Ázsiában, görög területeken és másutt ismert technológiai „fogásokat” rendszerezte, a kísérleteket tudományos módszerekkel folytatta; másrészt az ezekből leszűrt tapasztalatokat igyekezett elméleti alapokra helyezni. Ez azután visszahatott az újabb és újabb eszközök készítésére. Ezek fontos csoportját képezik azok a pneumatikus és mechanikus „varázseszközök”, amelyeket a három tudós nevéhez szoktak kötni.

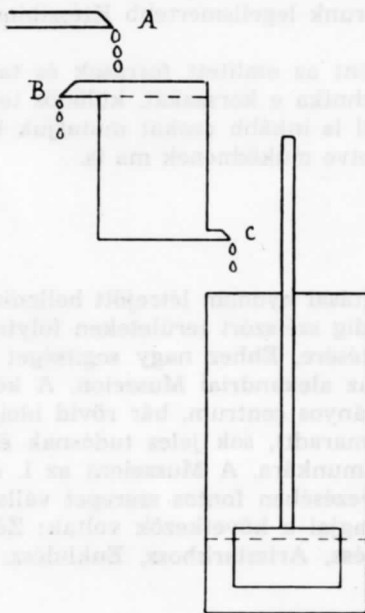
### Ktészibiosz

II. Ptolemaiosz idején az i. e. III. sz. első felében élt Alexandriában az a Ktészibiosz, akitől eredeti mű nem maradt fenn, s akinek munkáiról főként Philón, Hérón és Vitruvius művei nyomán állkothatunk képet.

Legtöbb találmánya azonban azon az egyszerű felismerésen alapult, hogy *a levegő anyag*. Felismerte például, hogy a sűrített levegő ugyanolyan munkavégző képességgel bír, mint bármely olyan szilárd test, amely pl. helyzeti energiával rendelkezik. Ezt felhasználva alkotta meg kétkarú hajítógépét, tűzoltófecskendőjét és a vízőrgonát.<sup>6</sup> Jelentős még vízőrája, mely a korábbi szerkezetek tökéletesítése.

Az 1. ábrán látható e vízőra, melynél a C ponton csöpögő víz egyenleteségét az első kád állandó vízszintje teszi lehetővé, s ezt a B túlfolyó biztosítja.

Philón írja le, hogy Ktészibiosz hajítógépet készített bronzrugó felhasználásával. Ktészibiosz fiatalabb kortársa s egyben talán tanítványa is: Philón volt.



1. ábra

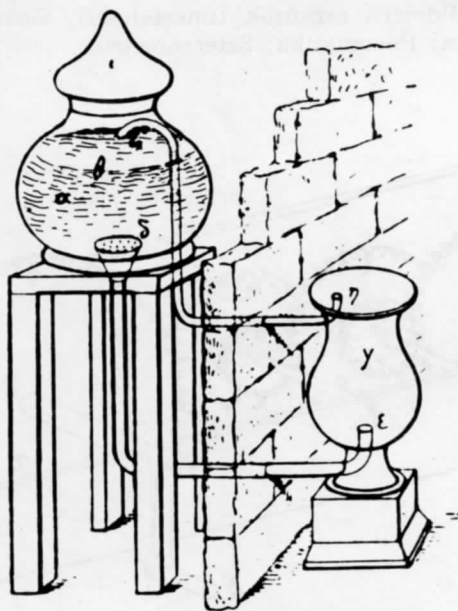
Bizánci származású tudós. Kilenc könyvből álló művének egy része ránk maradt, s a többit is ismerjük tartalmi kivonatokból, így munkásságáról pontosabb képet alkothatunk, mint Ktészipiosz esetében.

Az első három — sajnos elveszett — könyv a következő problémákat tárgyalta: emelők elmélete és gyakorlata, kikötőberendezések építése. Görögül maradt fenn a negyedik könyv, mely hajítógépek szerkesztését s arányait írja le s négy fajtájukat említi: ékkel feszített, rugalmas bronzlappal feszített, sorozat-lövő és sűrített levegővel feszített.

Az ötödik könyv a Pneumatika — ez arab és latin nyelvű forrásból ismeretes — egyik részében találjuk a hajlított, zárt és egyenes szívócső leírását s alkalmazását állandó folyadékszintű edények esetében. A szívócsövek másik csoportját a hangot adó mű-madarak leírása képezi. Itt mutatja be azt a kancsót is, amelyből többféle folyadék önthető ki tetszés szerinti sorrendben vagy keveréssel; a minden irányba fordítható, soklyukú, kiömlésmentes tintatartót és így tovább. Több vízemelő szerkezetet is ismertet.

A 2. ábrán egy állandó folyadékszintű edény látható, mely részben a közlekedőedények, részben a pipetta elvén alapul. Az (y) edénynek, az edény szájáig történő telítődését az biztosítja, hogy ha bármilyen kis mennyiséget is vesznek ki belőle, az  $\eta$  cső ezt a felső edénynek „jelzi”, vagyis összeköttetést létesít a külső térrel.

Mivel az állványon levő tartály magasabban van, abból megindul a folyadékáramlás, s ez mindaddig tart, amíg az  $\eta$  cső újra el nem zárja a tartály felső részét a külvilágtól. A pipetta-elv ma már mindennapos tapasztalat: látható ez boroshordók vagy konzerves dobozok esetében.



2. ábra

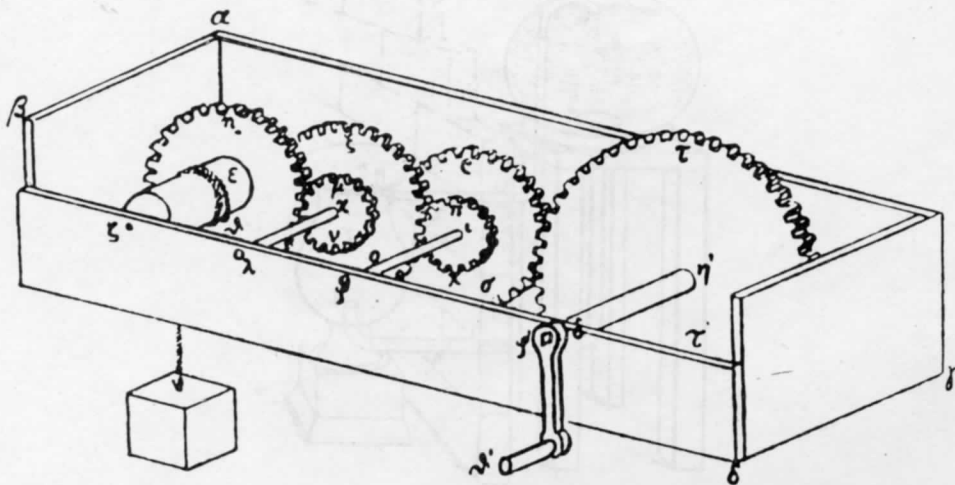
Philón művének hatodik könyve az automatakészítésről szól, de e témakört Hérón részletesen is kifejtette, érdekesebb ezért nála tanulmányozni. A hetedik könyv a várvédelmi felszerelésekről, a nyolcadik pedig ennek ellentétjéről: a várostromló hadieszközökről és technikájáról szól. Ez utóbbi kettőt csak töredékesen ismerjük. A kilencedik — elveszett könyv — a „hadicseleket” írta le.

### Hérón

Háromjuk közül ő a legismertebb, s ezt főként annak köszönheti, hogy a legtöbb eszköz leírása tőle maradt fenn. Nevét több eszköz, s a róla elnevezett matematikai képlet is megőrizte.

Érdekes módon nevét Papposz előtt (i. sz. 300) senki nem említi. Hérón hivatkozik ugyan Arkhimédészre, az viszont még kevés ahhoz, hogy működésének pontos idejét meghatározzuk. Nem véletlen, hogy a hazai szakirodalomban vele kapcsolatban igen eltérő évszámok olvashatók. Otto Neugebauer 1938-ban írott művében bebizonyítja, hogy a héróni Dioptriában leírt holdfogyatkozás, amelyet annak szerzője Alexandriában figyelt meg a tavaszi napéjegyenlőség előtt tíz nappal, s az hajnali 5 órakor kezdődött, csak az i. sz. 62-ben bekövetkezett fogyatkozás lehet! Ezek szerint Hérón az i. sz. I. század középső harmadában működött.

Valószínűleg a Muszeionban tanított, tankönyveket, szöveggyűjteményeket készített, művei arab közvetítéssel maradtak ránk. Gyakran kideríthetetlen, mit vett át a régiektől — Ktészibiosztól, Philóntól, Arkhimédésztől —, mi a saját találmánya, s mi későbbi felismerés. Művei a következők; Automata; Barulkosz (erőgépek leírásai); Belopoiika (hadigépek); Katoptrika (tükrök leírásai); Kheiroballistra (egy új típusú, fémből készült hajítógép leírása); Definitiones; Dioptra (földmérő eszközök ismertetései); Geometrica, Mechanika; De Mensuris; Metrika; Pneumatika; Sztereometria.



3. ábra

E művek közül a *Mechanika* pl. arab fordításban maradt fenn, s e könyv mérnökök, építők, szállítók részére készült. Első része elméleti tudnivalókat tartalmaz, így leírja, hogyan szerkesszünk fogaskereket végtelen csavarhoz. Második könyvében — Arkhimédész nyomán — az „öt egyszerű hatalmat” ismerteti: csörlő, emelő, csigasor, ék, csavar (ezeket ma egyszerű gépeknek nevezzük, beleértve a lejtőt is).

A harmadik könyv első része a Barulkosz néven önállóan is ismert mű, mely a súlyok emelésére szolgáló gépeket ismerteti (egy ilyen fogaskeréksort mutat be a 3. ábra. E szerkezettel kis erő kifejtéssel is nagy súlyok emelhetők, de a tény pontos fizikai megfogalmazása és értelmezése csak a 18. században született meg. Ha ugyanis az energiamegmaradás törvényével magyarázzuk a jelenséget, akkor egyértelműen kitűnik, hogy munka vagy energia ezzel sem nyerhető, hiszen e sok fogaskerek az emelés idejét s a hajtókar fordulatainak számát megnöveli.

Dioptra című művének érdekessége, hogy abban már szerepel a fordulat-számláló leírása.

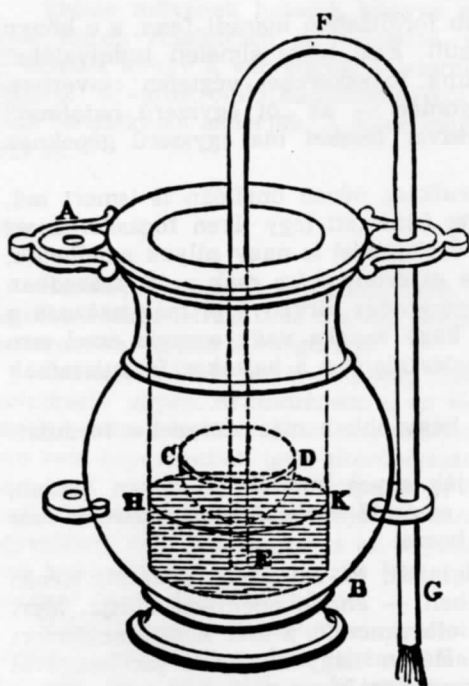
Főként *Pneumatika* c. művéről állítják egyes kutatók (Hammer, Jensen, Heiberg, Diels stb.) azt, hogy az ebben szereplő eszközöket egyszerűen más művekből vette át, de ő maga nem értett hozzá.

Drachmann viszont — a közben megtalált, ill. sajtó alá rendezett Hérón kéziratok (*Mechanika*, *Metrika*) ismeretében — ennek ellentétét állítja. Mert bár ez utóbbi művek gondolati tisztasága ellentmondó, a már korán megismert *Pneumatika* csapongó stílusával, ezt ő Hérón nagy témabeli jártasságával magyarázza: oly jól ismerte vizsgálati területét, hogy nem fektetett súlyt a részletező, világos kifejtésre, másokról is feltételezve, hogy hasonlóképpen értették ezeket, a számára oly egyszerű szerkezeteket. Hérón maga „minderről” azt írta, hogy elődeitől ugyan átvett leírásokat, de azokat korának igényei szerint átalakította.

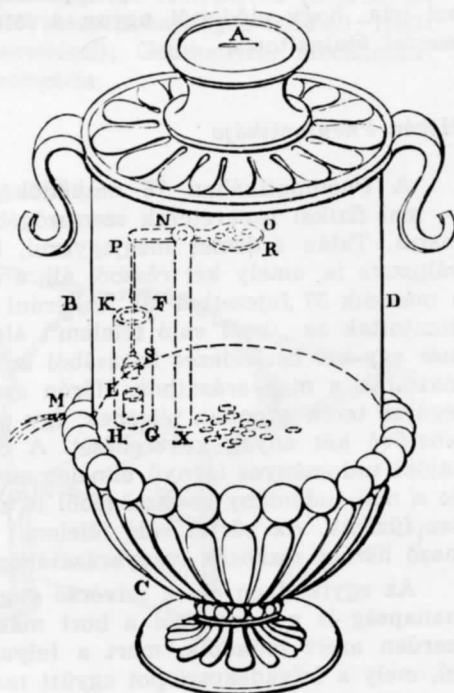
### *Hérón Pneumatikája*

A *Pneumatikában* 78 működőképes szerkezet leírása szerepel, de ezek — mai fizikai ismereteink szemszögéből — néhány egyszerű elvre vezethetők vissza. Talán érdemes megjegyezni, hogy ismeretes a *Pneumatikának* olyan változata is, amely két részből áll, s az első egy bevezetőből és 43 fejezetből, a második 37 fejezetből áll. A héróni elvek között sokáig nagy szerepet tulajdonítottak az „ürtől való félelem”, általa is alkalmazott tételének, de mint az már egy-két berendezés leírásából is kiviláglik, ezt az elvet ritkán kell alkalmaznunk a magyarázathoz. Hérón szerint nagy úr a természetben nincs, kis légüres terek azonban léteznek, így pl. az anyag részecskéi között, s ez teszi lehetővé két anyag keveredését. A Sztraton és Arkhimédész által felvetett, valódi tudományos igényű elmélet megfogalmazása Héronnál fellelhető ugyan, de a mai tudomány szemszögéből is elfogadható leírás inkább Torricelli nevéhez fűződik. Az „ürtől való félelem” elve leginkább a pipetta-elvet is tartalmazó héróni eszközök magyarázatához használható.

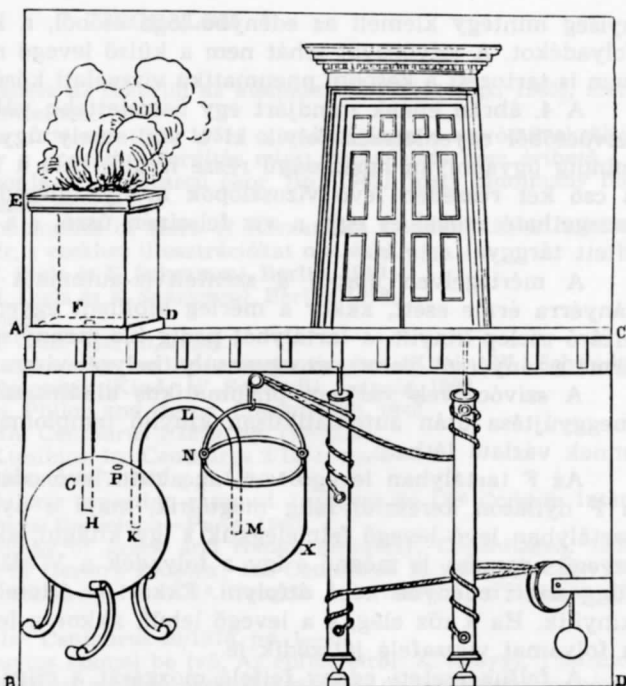
Az egyik ilyen elv a szívócső vagy szivornyáé. (Ezzel az eljárással szokás manapság is a hordókból a bort más edényekbe átszívni.) A szivornya egyszerűen azért működik, mert a folyadék részecskéi között olyan kohézió lép fel, mely a folyadékoszlopot együtt tartja. Az edényből kifolyó folyadékmeny-



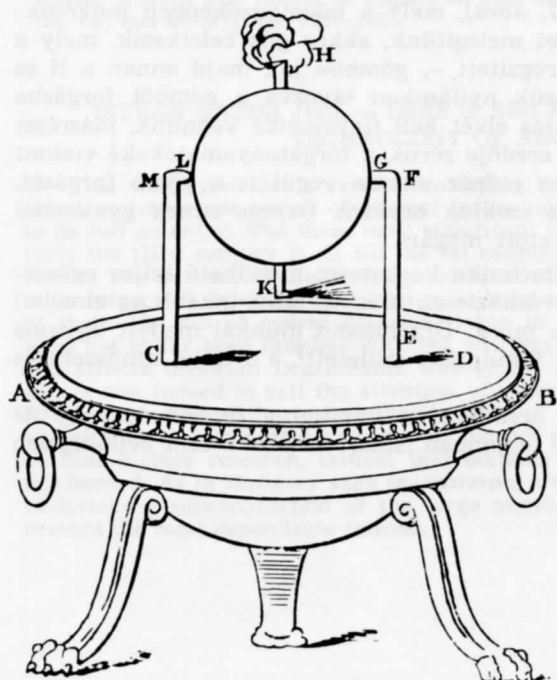
4. ábra



5. ábra



6. ábra



7. ábra



nyiség mintegy kiemeli az edénybe lógó csőből, a kívül levőnél kisebb súlyú folyadékot. A szivornyát tehát nem a külső levegő nyomása működteti, így az nem is tartozott a későbbi pneumatika vizsgálati körébe.

A 4. ábrán ennek mindjárt egy összetettebb változatát mutatjuk be. Itt a szívócsőből egyenletesen folyik ki a víz, amely úgy érhető el, hogy a csőnek mindig ugyanolyan hosszúságú része nyúlik bele a folyadékba (ekkor ugyanis a cső két részében levő vízoszlopok aránya állandó marad). Ezt Hérón egy mozgatható csővel és egy, a víz felszínén úszó, s a benyúló cső végéhez rögzített tárggyal érte el.

A mérlegelven alapul a szenteltvíz-automata (5. ábra), ahol ha az R tányérra érme esett, akkor a mérleg kibillent egyensúlyi helyzetéből s így az elzáró szelep kinyílt, a tartályból pedig kis mennyiségű víz távozott. Amint az érme a tányérról leesett, az egyensúlyi helyzet visszaállt.

A szívócsövek valóban pneumatikus alkalmazását látjuk az áldozati tűz meggyújtása után automatikusan kinyíló templomajtók esetében. A 6. ábrán ennek vázlata látható.

Az F tartályban levegő van, az alatta levő edényben pedig folyadék (Ezt a P nyíláson keresztül félig megtöltik, majd a nyílást lezárják.) Ha a felső tartályban levő levegő felmelegszik s így kitágul, akkor az alsó gömbben levő levegő nyomása is megnő s így a folyadék a V alakú csövön keresztül a felfüggesztett edénybe kezd átfolyani. Ekkor az áttételek segítségével a két ajtó kinyílik. Ha a tűz elég, s a levegő lehűl, akkor a lecsökkent gáznyomás miatt a folyamat visszafelé játszódik le.

A felfüggesztett edény felfelé mozgását a csiga szabályozza.

Befejezésül a Hérón-labdáról és az aelopilról szólunk. Az előbbi egy ma is használt, jól ismert kémiai laboratóriumi eszköz, s lényegében a szódáspalack őse. A másik, az aelopil (7. ábra), mely a következőképpen működik:

Ha az alul levő edényben vizet melegítünk, akkor gőz keletkezik, mely a csöveken a felső — s két ponton rögzített — gömbbe jut, majd onnan a H és K, egymással ellentétes irányú, szűk nyílásokon távozva a gömböt forgásba hozza. Itt egyrészt a hatás-ellenhatás elvét kell figyelembe vennünk, másrészt azt, hogy bár a gömbre ható erők eredője zérus, a forgatónyomatékoké viszont nem, ugyanis erőpár jött létre. Az erőpár okozza végül is a gömb forgását. E szerkezetet a turbina őseinek is szokták nevezni. Sajnos ennek gyakorlati továbbfejlesztése még jó ideig váratott magára.

Az ókori technika illetve haditechnika korántsem mondható teljes egészében feltártnak, nem annyira a forrásközlések hiánya, mint inkább az elméleti megközelítések ellentmondásossága miatt. Drachmann munkái mellett ugyanis az elmúlt években csak egy-két új tanulmány született<sup>7</sup>, s a teljes rendszerezés is még várat magára.

E szerény tanulmány főként arra akarta felhívni a figyelmet, hogy az ókori technika történetének még e legjobban ismert korszaka sem kellőképpen feltárt.



- <sup>1</sup> Andai Pál: A technika története az őskortól az atomkor küszöbéig (Bp., 1965), mely talán a legrészletesebb e tekintetben.  
Kudrjavcev, P. Sz.: A fizika története (Bp., 1951) c. munkájában a szívócsövekről ír részletesen, sajnálatos, hogy a pontatlan fordítás miatt, több leírás nem érthető.  
Révay József: Az ókor Edisonja (In: Százarcú ókor. Bp., 1962), mely tanulmány felsoroló jellegű, de nem részletezi azokat.
- <sup>2</sup> Woodcroft. Bennet: The Pneumatics of Hero of Alexandria London, (1851). A kötet minden egyes szerkezetet leír, s ezekhez illusztrációkat mellékel.
- <sup>3</sup> Philon: Belopoiika Kiad.: H. Diels és E. Schramm). Berlin, 1919.  
Herons Belopoiika (Kiad.: H. Diels és E. Schramm). Berlin, 1918.  
Emellett fontos kézikönyv még:  
Diels, H.: Antike Technik (3. kiad.: Berlin, 1924).
- <sup>4</sup> Herons von Alexandria Druckwerke und Automatentheater (Kiad.: W. Schmidt).  
Herons von Mechanik und Katoptrik (Kiad.: W. Schmidt). Leipzig, 1900.
- <sup>5</sup> Drachmann, A. G.: Ktesibios, Philon and Heron. Copenhagen, 1948.  
uő.: Heron and Ptolemaios. In: Centaurus 1/1950. pp. 117—131.  
uő.: On the alleged second Ktesibios. In: Centaurus 2/1951. pp. 1—10.  
uő.: Heron's Windmill. In: Centaurus 7/1961. pp. 145—151.  
uő.: Caesar's scorpio and Philon's repeating catapult. In Actes du IX<sup>e</sup> Congrès International d'Histoire des Sciences. Barcelona—Paris. 1960.  
uő.: The mechanical technology of greek and roman antiquity. Copenhagen, 1963.  
uő.: A physical experiment in Heron's Dioptra? In: Centaurus 13/1968. pp. 220—227.  
uő.: Heron's model of the universe. In: XII<sup>e</sup> Congrès International d'Histoire des Sciences (Kiad.: 1971).  
uő.: Ktesibios's waterclock. In: Centaurus 20/1976. pp. 1—10.
- <sup>6</sup> Ezekről részletesebben Vitruvius számol be (vö. Az építészetről. X. könyv). Tőle tudjuk, hogy még sok, ezen az elven alapuló eszközt készített, pl. az angobates néven ismert bábszerkezet is.
- <sup>7</sup> Heron of Alexandria. Mechanica (Kiad.: E. M. Bruins). 1—3. köt. Leiden, 1964.  
Burns, Alfred: The tunnel of Eupalinus and the tunnel problem of Hero of Alexandria. In: Isis 62/1971. pp. 172—185.

# ISTVÁN GAZDA JUN. — IMRE G. SZILÁGYI: A CHAPTER FROM THE TECHNOLOGY OF ANCIENT TIMES

This study provides a review, according to recent research in technical history, about an important period of ancient technology in which pneumatics was developed to its full potential. The three most significant figures in this period — which extends from the IIIrd century B. C. till the 1st century A. D. — were Ktesibios, Philon and Heron. The authors of the study, in addition to describing seven devices all different with respect to working principles, also give some important data about the course of their life, but of course describe Heron in most details. The Hungarian readers have not so far been familiar with the writings of the eminent Scandinavian scientist and science historian Drachmann. One of the aims of the bibliographic part of the essays was indeed to call the attention of specialists to the most significant works of Drachmann. The authors state that in spite of the great number of publications this era of ancient technical developments can not still be regarded as completely known so that further research, critical text editions and naturally more textual analyses are needed. As in Hungary such manuscripts are not available, the authors could only undertake a summarization of the large number of foreign technical works, and to present the most dependable sources.